本格的オーディオ・システム構築へ向けて

(20) 上下動防振機構を作る(1)

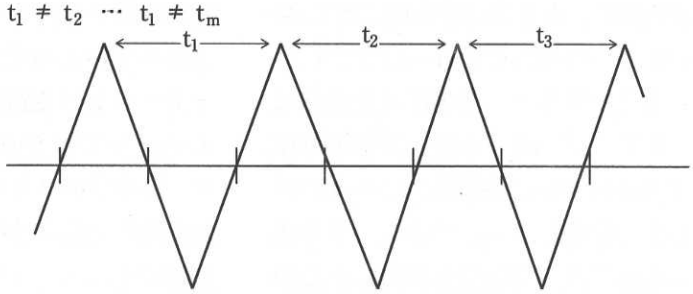
石塚 峻

なぜ音が変わるのか――外部振動による半導体の圧電性について

「防振台に載せると，真空管アンプよりも半導体アンプのほうが音は変わる」という拙文に対して“納得し兼ねる”という批判と，“理由をいえ”との意見がほぼ同数くらいありました．ほとんどのかたが，真空管のフィラメントやグリッド巻線の振動を気にしされていたがわかったように思います．しかし，実際は半導体アンプの音が明らかに大きく変わっています．

CDプレーヤ，これもトランスポートとDAコンバータに分けて考えると，回転系を持つトランスポートのほうが振動による音質悪化がひどいはず，という推測とも逆なような気がすると思います．しかし，ここでも，防振後の音質変化はDAコンバータのほうが大きいのです．

こちらは，実は当然のことで，発振器というものが外乱によって，**第1図**のように非同期振動＝カオスになっていると，京大の上田皖亮教授が明らかにしたのは1960年代前半のことでした．



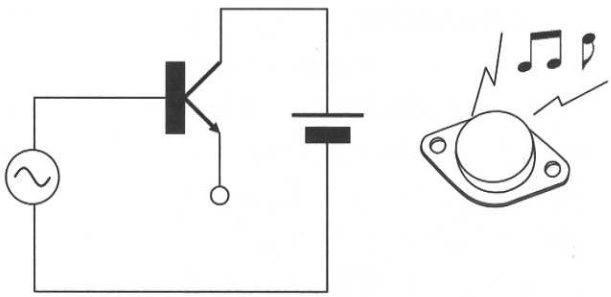
〈第1図〉発振周期が異なるのは測定誤差ではなく，カオス現象

当時，上田教授は学会からよってたかって吊し上げに遭い，「おまえのいっている周期などは誤差にすぎない」と，さんざん非難を受け，学会から追い出されかねない状態でした．そして，今に至っても電子工学会ではカオスの存在を認めていません．電気工学会のハンドブックには100ページを越えるカオスの章がありますが，電子工学会のそれには1語もないままです．

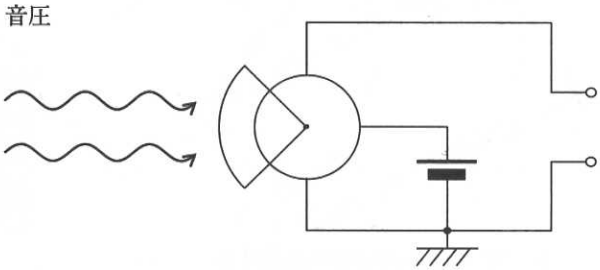
外部振動を与えられた発振器は，以前にお話しした**第2図**の“2連振り子”と等価であり，DAコンバータがトランスポートより外部振動に鋭敏であってもおかしくないのです．しかも，電子回路としては明らかな非線形回路であることを忘れるわけにはいきません．

パワー・トランジスタからは“音さえ出る”

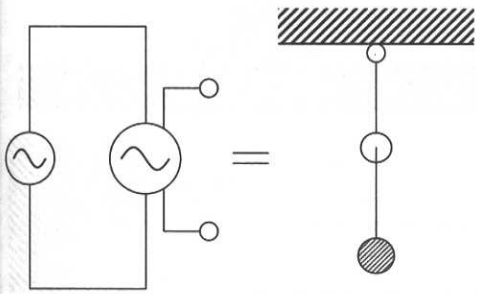
1960年代半ばに登場した画期的



〈第3図〉▶花形だった2SC793は無負荷にしてエミッタ・フォロワを大振幅で励振すると楽音が聴こえた



〈第4図〉▶半導体マイクは多分こう接続されていた？



〈第2図〉外乱を受けた発振器は2連振子と同じ

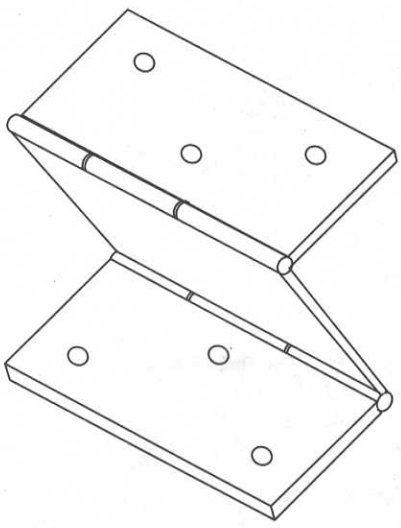
な大出力パワー・トランジスタは3重拡散型の2SC793(当時まだコンプリメンタリになるPチャネル素子はなかった)で，それなりに高価でしたが，他を圧倒するコレクタ損失を誇っていました．

私も入手して回路を組み上げたのですが，試験中にキャン・ケースが振動していることに気がつきました．驚くべきことに，当時も，大電圧振幅になると楽音すら聴こえる(**第3図**)という報告まであったのです．

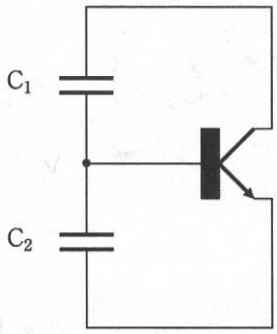
考えて見ると，市場には半導体ピックアップ・カートリッジや半導体マクロフォン，半導体スピーカに至るまで存在します．つまり，半導体は振動によって信号を出力できるのです．

また，半導体マイクというもののスケッチを見たことがあり，**第4図**のように3端子になっていました．1つの端子は共通として，残る2本のうち1本はおそらくバイアス端子で，残る1本が出力でしょう．そうなると，圧電素子ではなかったにせよ，外圧によって容量変化を起こしているのでしょう．コンデンサ・マイクの固体版ということになります．

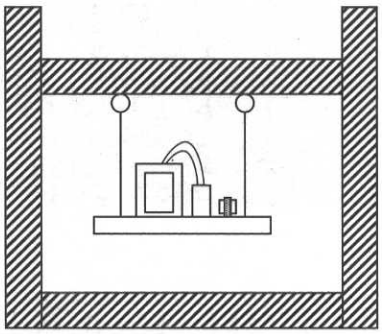
すると，電源が入っていない場合には振動を受けると出力電圧が変化する，と考えられます．



〈第7図〉折畳み屏風用の2連蝶番



〈第5図〉C_1とC_2は外部振動で変動する



〈第6図〉実験では増幅段ごと糸吊りしていた

バイポーラ・トランジスタのGmは真空管とは桁が2つ，あるいは3つ違っているのです．アンペア・オーダーの信号電流が流れるパワー・ステージではなおさら大きいのです．真空管のグリッド振動による出力変動と比較するのは，無理というものです．

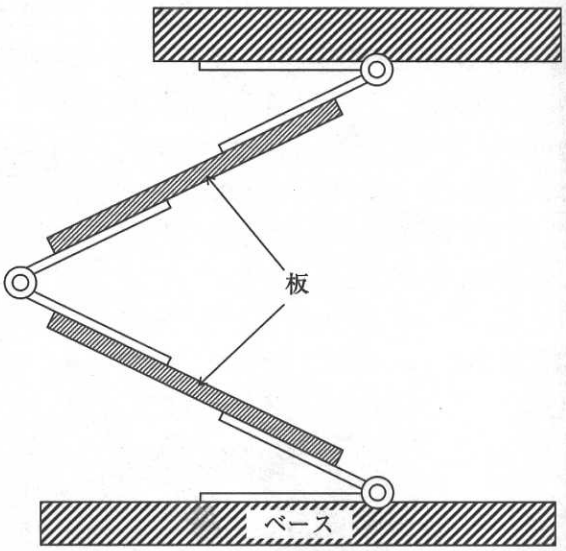
バイポーラ・トランジスタのGmが線形則に従っているのは量子力学の産物ゆえの，ある意味で例外的幸運なのです．出力抵抗や電極間容量(**第5図参照**)の非線形があって当然なのです．

そんなこんなで，半導体アンプは真空管アンプ以上に外部振動に影響されるし，ディスクリートより桁が違う素子数にならざるを得ないICは，さらに振動に弱いのです．

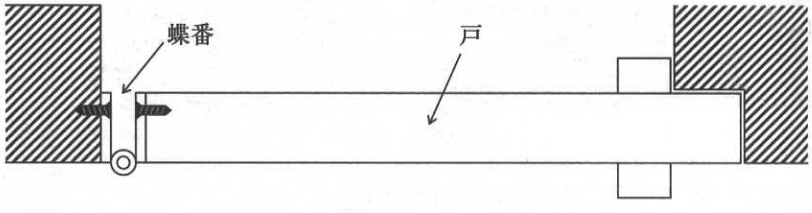
私がOpアンプを使い出した1970年代前には“トランジスタ・アンプの音は冷たくて，音楽のデリケートな部分がかき消される”といわれていましたが，これはほんとうのことでした．さらには，“ICの音は硬く，まったくしなやかさに欠けるので，オーディオのアンプはディスクリートで組まなければいけない”とされていました．

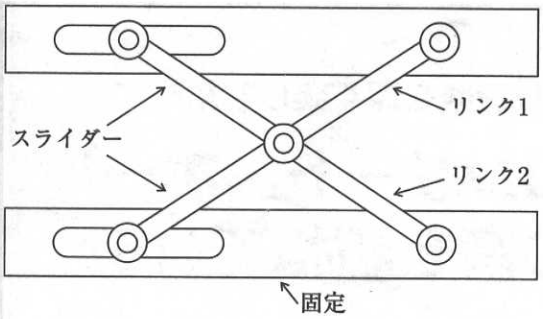
こちらとしては納得いきません．ICだろうが，ディスクリートだろうが，石の悪さは共通であり，トランジスタそのものが悪いのであれば，ICもまた悪いはずで，“ICはよくて

〈第8図〉▶
3連の蝶番を作ってこれでガタを減らすことも考えた

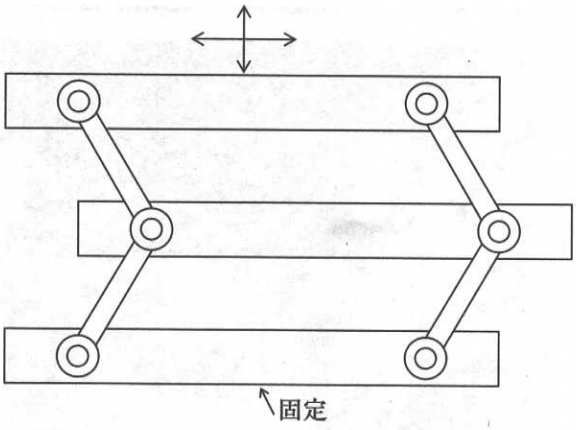


▼〈第9図〉
蝶番はこうして使うのが正しい

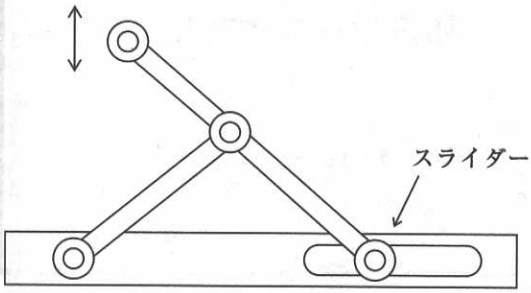




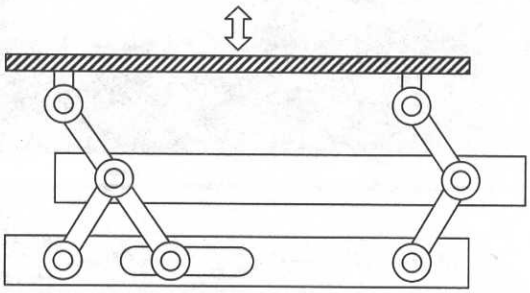
◀〈第16図〉
平行定規



〈第17図〉▶
平行リンクを組み合わせた平行定規



◀〈第18図〉
スコット・ラッセルの厳正モデル



〈第19図〉▶
第18図の機構に平行リンクを加えた形

上下動のサスペンションはないほうがいいくらいです.

さらにおかしなことには，8条のバネでは2cm程度しか沈みません．計算では3cm沈んでくれるはずです．そこで内側あるバネ4条を2条にし，6条としてみたところ，こんどは3cm沈みました.

すると，1条当たりの定数が1kg／cmではなく，1.5kg／cmということになります．機械の場合は2倍までが想定の範囲だそうで，“精密”が付かないバネだと，こんなものなのでしょうね．なるほどこの有様では，バネ定数など表示したくてもできないと思います.

(3) 重心の位置が機構のどこにあるかが問題

ある荷重から急にヒンジがたわみ始める理由には，思い当たることがあります．3連ヒンジで，吊るのか置くのかの違いで，重心位置が機構のどこに来るかが違ってきます．**第15図** (A) (B) のような吊る方法ならば，ヒンジの剛体部分の強度はさほど要らないように思います．しかし，そうなると，スペース・ファクタが悪すぎます．特に重心を下げられる (B) ではなおさらです．一般的には使えそうにありません．もう少し頑丈な機構が必要になりました.

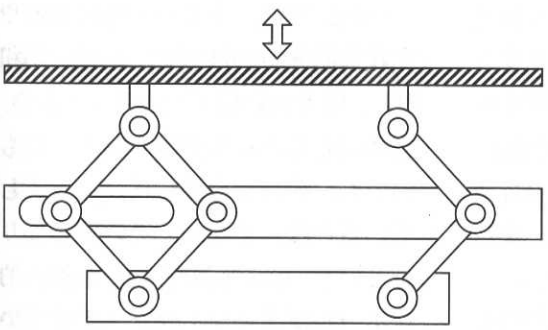
平行リンクを使う方法

平行線を引くための定規の一つが**第16図**のメカで，これをいくつか並べるのがよさそうです．しかし，直線のガイドが上下に2個所あるのは工作上うまくありません．ガイド部分に偏った荷重がかかると，動きを妨げるでしょうから，このまま並べるわけにはいきません．平行リンクを2段並べた**第17図**も平行線定規ですが，こちらの左右動を殺してしまえば，上下動だけが残ります.

このあたりで，実際に作ってみようと思い立ちました．**第16図**の片割れのような形が**第18図**のスコット＝ラッセル機構の厳正直線運動モデルで，これに平行リンクを組み合わせる手も考えられます.

スコット＝ラッセル機構は点が上下するものですから，平行リンクと合わせて線を上下動させる目論見であり，この平面モデルを重ねて，**第19図**のように，平面を上下させるのです．心配なのは，スライド受けの部分に荷重が集中しないかということです.

もう1つの案は，**第17図**の組み合わせた平行リンクに，さらに2本のリンクを加え，2つのリンクの交叉点を水平に移動すると，上部の可動バーは左右に動きますから，スライドの方向を水平にすると，こんどは可動バーが左右に動けなくなり，上下動のみに制限されます．これが**第20図**です.



〈第20図〉
第17図にリンクを2つとスライドを加えて左右動を殺してみる